

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 1 2 日  
Date of Application:

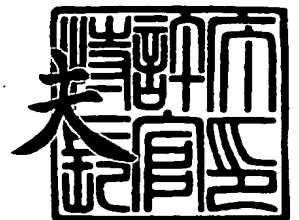
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 3 3 9 5 9  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 3 3 9 5 9 ]

出      願      人                      ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 2 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 9 9 7 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 16NM02127

【提出日】 平成15年 2月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 5/055

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市旭ヶ丘4丁目7番地の127 ジーイー横  
河メディカルシステム株式会社内

【氏名】 井上 勇二

【特許出願人】

【識別番号】 300019238

【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク  
ノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100095511

【弁理士】

【氏名又は名称】 有近 紳志郎

【電話番号】 03-5338-3501

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002233

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 円形ポールピースおよびMRI装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 MRI用磁気回路を構成する円形ポールピースをその中心を含む中央部と周縁を含む周縁部の少なくとも2つの領域に分け、外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率を、周縁部軟磁性材の透磁率より高くしたことを特徴とする円形ポールピース。

【請求項2】 請求項1に記載の円形ポールピースにおいて、各領域の軟磁性材料の構成を異ならせたことを特徴とする円形ポールピース。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項6】 請求項1に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材および前記周縁部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする

円形ポールピース。

【請求項 7】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材および前記周縁部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 8】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材および前記周縁部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであり、方向性電磁鋼板タイルに対する無方向性電磁鋼板タイルの割合が、前記中央部軟磁性材よりも前記周縁部軟磁性材で高いことを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 9】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 10】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 11】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がアモルファス軟磁性材タイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 12】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がパーマロイタイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 13】 請求項 1 または請求項 2 に記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がパーマロイタイルであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピース。

【請求項 14】 請求項 1 から請求項 13 のいずれかに記載の円形ポールピースを具備することを特徴とするMRI装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、MRI (Magnetic Resonance Imaging) 用磁気回路を構成する円形ポールピースおよびMRI装置に関し、さらに詳しくは、残留磁気を小さくすることが出来る円形ポールピースおよび該円形ポールピースを用いたMRI装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、MRI 用磁気回路を構成する円形ポールピースは、四角形又は矩形の珪素鋼板製タイルおよび縁部を充填するための異形の軟磁性材タイルを積層した積層ブロックを並べて全体として略円形としたり（例えば、特許文献1の図1参照。）、台形又は環状扇形の軟磁性材タイルを積層した積層ブロックを多重同心リング状に並べて全体として略円形としている（例えば、特許文献1の図21参照。）。

軟磁性材タイルは、例えば珪素鋼板製であり、ヒステリシス特性を持つ。このため、勾配磁場が印加された後、円形ポールピースに残留磁気が生じる。そして、勾配磁場の変化に応じて、残留磁気の大きさも変動する。ところが、円形ポールピースに生じる残留磁気の変動すると、画像に影響が出る。

そこで、従来、この影響を抑制するため、パルスシーケンスを工夫することが行われている（例えば、特許文献2参照。）。

【0003】

【特許文献1】

特開2000-200716号公報

**【特許文献 2】**

特開 2 0 0 0 - 1 8 5 0 2 3 号公報

**【0 0 0 4】****【発明が解決しようとする課題】**

従来、円形ポールピースに生じる残留磁気の影響を、パルスシーケンスを工夫することによって抑制することが行われているが、MRI 装置に負担がかかる問題点がある。

そこで、本発明の目的は、残留磁気を小さくすることが出来る円形ポールピースおよび MRI 装置を提供することにある。

**【0 0 0 5】****【課題を解決するための手段】**

第 1 の観点では、本発明は、MRI 用磁気回路を構成する円形ポールピースをその中心を含む中央部と周縁を含む周縁部の少なくとも 2 つの領域に分け、外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率を、周縁部軟磁性材の透磁率より高めたことを特徴とする円形ポールピースを提供する。

軟磁性材の残留磁気は、透磁率が高い方が小さいため、なるべく透磁率が高い方がよい。

一方、円形ポールピースの中央部と周縁部とは、加わる外部磁界の強さが異なり、中央部に加わる外部磁界の強さは例えば  $20 \sim 60 \text{ A/m}$ 、周縁部に加わる外部磁界の強さは例えば  $50 \sim 150 \text{ A/m}$  である。

そして、軟磁性材の透磁率は、加わる磁界の強さに依存して変化し、透磁率が最大となる外部磁界の大きさは、軟磁性材料により異なっている。

そこで、上記第 1 の観点による円形ポールピースでは、周縁部より弱い外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率が、中央部より強い外部磁界印加状態での周縁部軟磁性材の透磁率より高くなるようにした。これにより、撮影領域に近い中央部では、残留磁気を小さくすることが出来る。周縁部では、中央部よりも残留磁気が大きくなるが、撮影領域から遠いため、影響は小さい。

**【0 0 0 6】**

第 2 の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、各領域の

軟磁性材料の構成を異ならせたことを特徴とする円形ポールピースを提供する。

上記第2の観点による円形ポールピースでは、次の条件で中央部軟磁性材および周縁部軟磁性材を選ぶ。

(1) 中央部軟磁性材としては、印加される外部磁界が比較的小さい（例えば20～60[A/m]）状態で、なるべく高透磁率（例えば10000以上）になる軟磁性材を用いる。

(2) 周縁部軟磁性材としては、印加される外部磁界が比較的大きい（例えば50～150[A/m]）状態で、なるべく高透磁率（例えば6000以上）になる軟磁性材を用いる。

(3) 外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率は、外部磁界印加状態での周縁部軟磁性材の透磁率よりも高くする。本願発明者の実験によれば、外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率の最大値を、周縁部軟磁性材の透磁率の最大値より2倍以上高くすることにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を十分小さくすることが出来た。

#### 【0007】

第3の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板の透磁率は、比較的弱い外部磁界が加わる中央部で、高くなる。一方、無方向性電磁鋼板の透磁率は、外部磁界印加状態での中央部の方向性電磁鋼板の透磁率より低いが、安価である。

そこで、上記第3の観点による円形ポールピースでは、中央部には方向性電磁鋼板を用い、周縁部には無方向性電磁鋼板を用いた。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共にコストを下げる事が出来る。

また、磁化容易軸の方向を変えながら方向性電磁鋼板タイルを積層して全体として無方向性にするので、外部磁場の方向（特に勾配磁場の方向）にかかわらず

、残留磁化を小さくすることが出来る。

#### 【0008】

第4の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板の透磁率は、比較的弱い外部磁界が加わる中央部で、高くなる。一方、無方向性電磁鋼板の透磁率は、外部磁界印加状態での中央部の方向性電磁鋼板の透磁率より低いが、安価である。

そこで、上記第4の観点による円形ポールピースでは、中央部には方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板を混在させ、周縁部には無方向性電磁鋼板を用いた。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共にコストをいっそう下げることが出来る。

また、磁化容易軸の方向を変えながら方向性電磁鋼板タイルを積層して全体として無方向性にするので、外部磁場の方向（特に勾配磁場の方向）にかかわらず、残留磁化を小さくすることが出来る。

#### 【0009】

第5の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板の透磁率は、比較的弱い外部磁界が加わる中央部で、高くなる。一方、無方向性電磁鋼板の透磁率は、外部磁界印加状態での中央部の方向性電磁鋼板の透磁率より低いが、安価である。

そこで、上記第5の観点による円形ポールピースでは、中央部には方向性電磁



鋼板を用い、周縁部には方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板を混在させた。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共にコストを下げる事が出来る。

また、磁化容易軸の方向を変えながら方向性電磁鋼板タイルを積層して全体として無方向性にするので、外部磁場の方向（特に勾配磁場の方向）にかかわらず、残留磁化を小さくすることが出来る。

#### 【0010】

第6の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材および前記周縁部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板の透磁率は、比較的弱い外部磁界が加わる中央部で比較的高くなり、比較的強い外部磁界が加わる周縁部では比較的低くなる。

そこで、上記第6の観点による円形ポールピースでは、中央部および周縁部に方向性電磁鋼板を用いた。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共に軟磁性材料を使い分ける手間がかからない。

また、磁化容易軸の方向を変えながら方向性電磁鋼板タイルを積層して全体として無方向性にするので、外部磁場の方向（特に勾配磁場の方向）にかかわらず、残留磁化を小さくすることが出来る。

#### 【0011】

第7の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材および前記周縁部軟磁性材が、全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルとを混在させて積層したものであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板の透磁率は、比較的弱い外部磁界が加わる中央部で比較的高くなり、比較的強い外部磁界が加わる周縁部では比較的低くなる。一方、無方向性電磁鋼板の透磁率は、外部磁界印加状態での中央部の方向性電磁鋼板の透磁率より低いが、安価である。

そこで、上記第7の観点による円形ポールピースでは、中央部および周縁部に方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板とを混在させた。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共にコストを下げる事が出来る。

また、磁化容易軸の方向を変えながら方向性電磁鋼板タイルを積層して全体として無方向性にするので、外部磁場の方向（特に勾配磁場の方向）にかかわらず、残留磁化を小さくすることが出来る。

#### 【0012】

第8の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、方向性電磁鋼板タイルに対する無方向性電磁鋼板タイルの割合が、前記中央部軟磁性材よりも前記周縁部軟磁性材で高いことを特徴とする円形ポールピースを提供する。

方向性電磁鋼板タイルに対する無方向性電磁鋼板タイルの割合が高いほど、透磁率は低くなる。

そこで、上記第8の観点による円形ポールピースでは、中央部では無方向性電磁鋼板の割合いを比較的低くし、周縁部では無方向性電磁鋼板の割合いを比較的高くした。これにより、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来ると共にコストを下げる事が出来る。

#### 【0013】

第9の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

上記第9の観点による円形ポールピースでは、外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率が周縁部軟磁性材の透磁率より高くなり、中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

#### 【0014】

第10の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材が全体として無方向性になるように磁化容易軸の方向を変えて積層した複数の方向性電磁鋼板タイルと磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイ

ルとを混在させて積層したものであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

上記第10の観点による円形ポールピースでは、外部磁界印加状態での中央部軟磁性材の透磁率が周縁部軟磁性材の透磁率より高くなり、中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

#### 【0015】

第11の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がアモルファス軟磁性材タイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

アモルファス軟磁性材は、無方向性電磁鋼板よりも透磁率が高い。

そこで、上記第11の観点による円形ポールピースでは、中央部にはアモルファス軟磁性材を用いた。これにより、中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

#### 【0016】

第12の観点では、本発明は、上記構成の記載の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がパーマロイタイルであり、前記周縁部軟磁性材が磁化容易軸を有さない無方向性電磁鋼板タイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

パーマロイは、無方向性電磁鋼板よりも透磁率が高い。

そこで、上記第12の観点による円形ポールピースでは、中央部にはパーマロイを用いた。これにより、中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

#### 【0017】

第13の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースにおいて、前記中央部軟磁性材がパーマロイタイルであり、前記周縁部軟磁性材がフェライトタイルであることを特徴とする円形ポールピースを提供する。

パーマロイは、フェライトよりも透磁率が高い。

そこで、上記第13の観点による円形ポールピースでは、中央部にはパーマロイを用いた。これにより、中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

## 【0018】

第14の観点では、本発明は、上記構成の円形ポールピースを具備することを特徴とするMRI装置を提供する。

上記第14の観点によるMRI装置では、円形ポールピースの中央部での残留磁気を小さくすることが出来るため、残留磁気の影響を抑制でき、MRI画像の画質を向上することが出来る。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

以下、図に示す実施形態により本発明をさらに詳細に説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

## 【0020】

## —第1の実施形態—

図1は、第1の実施形態に係る円形ポールピース300を示す平面図である。また、図2は、図1のA-A'断面図である。

この円形ポールピース300は、リング101と、リング101の内側に設置される炭素鋼製の円板状のベース102と、ベース102の中央部に略円形に並べて載置される中央部積層ブロック303aと、ベース102の周縁部に略ドーナツに並べて載置される周縁部積層ブロック303bとを具備している。

中央部積層ブロック303aの高さは例えば42[mm]であり、周縁部積層ブロック303bの高さは例えば36[mm]である。

## 【0021】

図3は、中央部積層ブロック303aの積層構造を示す説明図である。

この中央部積層ブロック303aは、短辺の方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル90と、短辺の方向を時計方向に30°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル91と、短辺の方向を時計方向に60°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル92と、長辺の方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル93と、短辺の方向を時計方向に60°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル92を裏返して長辺の方向を時計方向に30°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つよ

うにした方向性電磁鋼板タイル 92 と、短辺の方向を時計方向に  $30^\circ$  回転させた方向に磁化容易軸  $A_x$  を持つ方向性電磁鋼板タイル 91 を裏返して長辺の方向を時計方向に  $60^\circ$  回転させた方向に磁化容易軸  $A_x$  を持つようにした方向性電磁鋼板タイル 91 とを積層することを繰り返して、全体として無方向性にしたものである。これら方向性電磁鋼板タイル 90 ~ 93 は、短辺の長さ  $2.5[\text{cm}]$   $\times$  長辺の長さ  $5[\text{cm}]$  の長方形である。なお、長辺の長さを  $5[\text{cm}]$  以下としてもよい。方向性電磁鋼板タイル 90 ~ 93 の厚さは例えば  $0.35[\text{mm}]$  であるため、120 枚を積層している。

#### 【0022】

図 4 は、周縁部積層ブロック 303b の積層構造を示す説明図である。

この周縁部積層ブロック 303b は、短辺の長さ  $2.5[\text{cm}]$   $\times$  長辺の長さ  $5[\text{cm}]$  の長方形の無方向性電磁鋼板タイル 94 を積層したものである。無方向性電磁鋼板タイル 94 の厚さは例えば  $0.35[\text{mm}]$  であるため、102 枚を積層している。

#### 【0023】

図 5 は、方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板の外部磁界印加状態における透磁率を示す特性図である。

円形ポールピース 300 の中央部に加わる外部磁界の強さは例えば  $20 \sim 60 \text{ A/m}$  であり、周縁部に加わる外部磁界の強さは例えば  $50 \sim 150 \text{ A/m}$  であるから、外部磁界印加状態における方向性電磁鋼板タイル 90 ~ 93 の透磁率は、外部磁界印加状態における無方向性電磁鋼板 94 の透磁率の 2 倍以上になる。

よって、円形ポールピース 300 の中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。

#### 【0024】

図 3 の中央部積層ブロック 303a は次のようにして製造する。

まず、図 6 に示すように、方向性磁性鋼板 DS を金型で型抜きして多数の方向性電磁鋼板タイル 90 ~ 93 を作製する。

次に、図 3 に示すように、方向性電磁鋼板タイル 90 ~ 93 を型内かしめ等により必要な枚数積層し、中央部積層ブロック 303a を製造する。

そして、図7に示すように、中央部積層ブロック303aを接着剤液Lに浸漬した後、硬化させて一体化し、電磁力が働いてもばらけないようにする。

#### 【0025】

図4の周縁部積層ブロック303bは次のようにして製造する。

まず、図8に示すように、無方向性磁性鋼板NSを金型で型抜きして多数の無方向性電磁鋼板タイル94を作製する。

次に、図4に示すように、無方向性電磁鋼板タイル94を必要な枚数積層し、周縁部積層ブロック303bを製造する。

そして、図7と同様に、周縁部積層ブロック303bを接着剤液Lに浸漬した後、硬化させて一体化する。

#### 【0026】

上記円形ポールピース300によれば、撮影領域に近い中央部の残留磁気を小さくすることが出来る。また、中央部積層ブロック303aおよび周縁部積層ブロック303bの最大長さが5[cm]であるため、勾配磁界による渦電流の影響を小さくすることが出来る。

#### 【0027】

##### －第2の実施形態－

図9は、第2の実施形態にかかる積層ブロック303の積層構造を示す説明図である。

この積層ブロック303は、短辺の方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル90と、短辺の方向を時計方向に30°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル91と、短辺の方向を時計方向に60°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル92と、長辺の方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル93と、短辺の方向を時計方向に60°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル92を裏返して長辺の方向を時計方向に30°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つようにした方向性電磁鋼板タイル92と、短辺の方向を時計方向に30°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つ方向性電磁鋼板タイル91を裏返して長辺の方向を時計方向に60°回転させた方向に磁化容易軸Axを持つようにした方向性電磁鋼板タ

イル 91 と、無方向性電磁鋼板タイル 94 とを積層することを繰り返して、全体として無方向性にしたものである。

#### 【0028】

図 9 の積層ブロック 303 を中央部積層ブロック 303a としても使う場合、図 4 の周縁部積層ブロック 303b と組み合わせる。

#### 【0029】

図 9 の積層ブロック 303 を周縁部積層ブロック 303b としても使う場合、図 3 の中央部積層ブロック 303a と組み合わせる。

#### 【0030】

図 9 の積層ブロック 303 は次のようにして製造する。

まず、図 6 に示すように、方向性磁性鋼板 DS を金型で型抜きして多数の方向性電磁鋼板タイル 90～93 を作製する。

次に、図 8 に示すように、無方向性磁性鋼板 NS を金型で型抜きして多数の無方向性電磁鋼板タイル 94 を作製する。

次に、図 9 に示すように、方向性電磁鋼板タイル 90～93 および無方向性電磁鋼板タイル 94 を必要な枚数積層し、積層ブロック 303 を製造する。

そして、図 7 と同様に、積層ブロック 303 を接着剤液 L に浸漬した後、硬化させて一体化する。

#### 【0031】

##### －第 3 の実施形態－

図 3 の中央部積層ブロック 303a を周縁部積層ブロック 303b として使うことも可能である。その理由は、円形ポールピース 300 の周縁部では、外部磁界印加状態における方向性電磁鋼板タイル 90～93 の透磁率と無方向性電磁鋼板 94 の透磁率とに大差はないからである。

#### 【0032】

##### －第 4 の実施形態－

図 9 の積層ブロック 303 を中央部積層ブロック 303a および周縁部積層ブロック 303b として使うことも可能である。この場合、方向性電磁鋼板タイル 90～93 に対する無方向性電磁鋼板タイル 94 の割合を、中央部積層ブロック

303aでは比較的低くし、周縁部積層ブロック303bでは比較的高くするのが好ましい。

### 【0033】

#### －第5の実施形態－

中央部積層ブロック303aに使用する軟磁性材として方向性電磁鋼板を用い、周縁部積層ブロック303bに使用する軟磁性材としてフェライトを用いてもよい。

### 【0034】

#### －第6の実施形態－

中央部積層ブロック303aに使用する軟磁性材として方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板を混在させたものを用い、周縁部積層ブロック303bに使用する軟磁性材としてフェライトを用いてもよい。

### 【0035】

#### －第7の実施形態－

中央部積層ブロック303aに使用する軟磁性材としてアモルファス軟磁性材またはパーマロイを用い、周縁部積層ブロック303bに使用する軟磁性材として無方向性電磁鋼板またはフェライトを用いてもよい。

アモルファス軟磁性材としては、Co-Nb-Zr（メタルーメタル系）や、Co-Fe-B-Si（メタルーメタロイド系）のアモルファス軟磁性材料を用いることが出来る。

### 【0036】

#### －第8の実施形態－

図10は、第8の実施形態にかかるMRI装置を示す要部断面図である。

このMRI装置400は、オープン型MRI装置であり、垂直方向に対向して設置されている永久磁石M、Mと、ベースヨークYB、YBと、支柱ヨークYP、YPと、円形ポールピース300、300とにより構成される磁気回路により、円形ポールピース300、300の間に、垂直方向の静磁場を発生させている。

### 【0037】

このMRI装置400によれば、円形ポールピース300、300の中央部に



おける残留磁気がい小さいため、残留磁気の影響を抑制でき、MRI 画像の画質を向上することが出来る。

#### 【0 0 3 8】

なお、円形ポールピース 3 0 0、3 0 0 の代わりに、第 2 の実施形態～第 7 の実施形態の円形ポールピースを用いてもよい。

また、永久磁石 M、M の代わりに、超電導磁石を用いてもよい。

#### 【0 0 3 9】

－他の実施形態－

(1) 上記実施形態では、円形ポールピース 3 0 0 を中央部と周縁部の 2 つの領域に分けたが、中央部と周縁部の間に 1 以上の中間部を設けて 3 以上の領域に分けてもよい。その場合、各領域に外部磁界が印加された状態で透磁率ができるだけ高くなる軟磁性材を用いればよい。このため、例えば、中央部と周縁部と中間部の 3 つの領域に分け、それぞれ異なる構成の軟磁性材を用いてもよい。

(2) 中央部積層ブロック 3 0 3 a や周縁部積層 3 0 3 b の形状を正方形や台形としてもよい。

#### 【0 0 4 0】

##### 【発明の効果】

本発明の円形ポールピースおよび MRI 装置によれば、撮影領域に近い中央部での残留磁気を小さくすることが出来る。その結果、MRI 画像の画質を向上することが出来る。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

第 1 の実施形態に係る円形ポールピースを示す平面図である。

##### 【図 2】

図 2 の A - A' 断面図である。

##### 【図 3】

第 1 の実施形態に係る中央部積層ブロックの積層構造を示す斜視図である。

##### 【図 4】

第 1 の実施形態に係る周縁部積層ブロックの積層構造を示す斜視図である。

**【図 5】**

方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板の外部磁界に対する透磁率の変化を示す特性図である。

**【図 6】**

第 1 の実施形態に係る方向性電磁鋼板タイルの製作方法を示す説明図である。

**【図 7】**

第 1 の実施形態に係る中央部積層ブロックの接着による一体化を示す説明図である。

**【図 8】**

第 1 の実施形態に係る無方向性電磁鋼板タイルの製作方法を示す説明図である。

**【図 9】**

第 2 ～ 第 4 の実施形態に係る積層ブロックの積層構造を示す斜視図である。

**【図 10】**

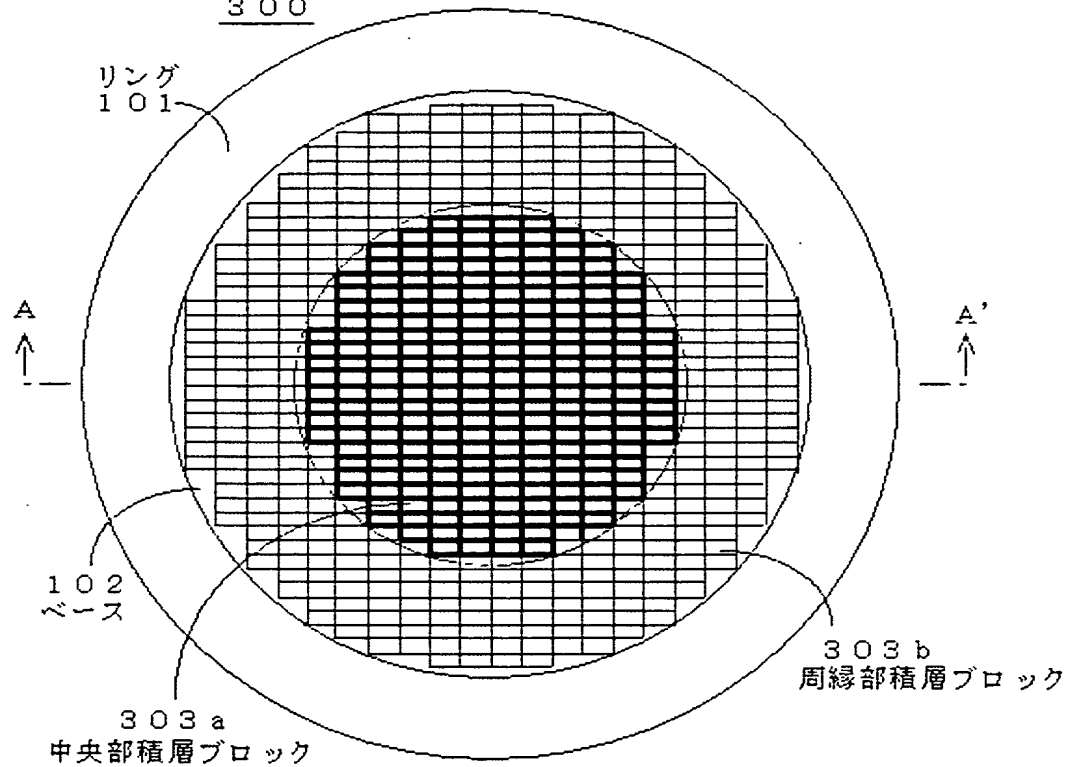
第 8 の実施形態に係る M R I 装置を示す要部断面図である。

**【符号の説明】**

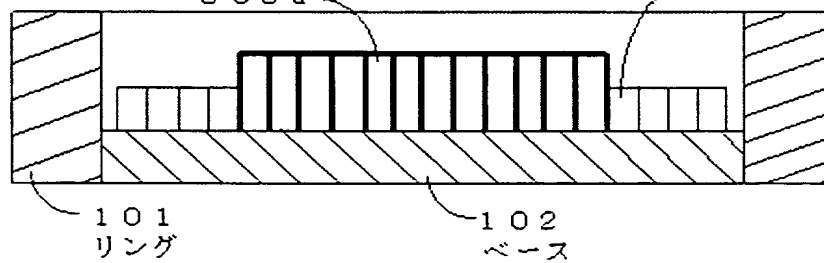
90～93	方向性電磁鋼板タイル
94	無方向性電磁鋼板タイル
300	円形ポールピース
303a	中央部積層ブロック
303b	周縁部積層ブロック
400	M R I 装置

## 【書類名】 図面

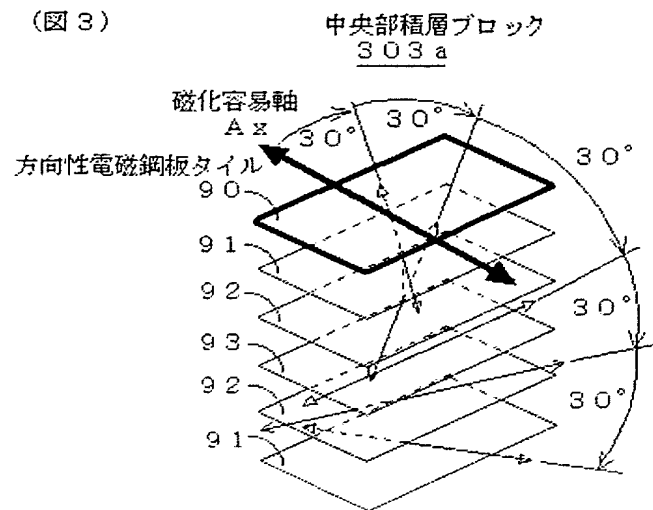
## 【図 1】

(図 1) 円形ポールピース  
300

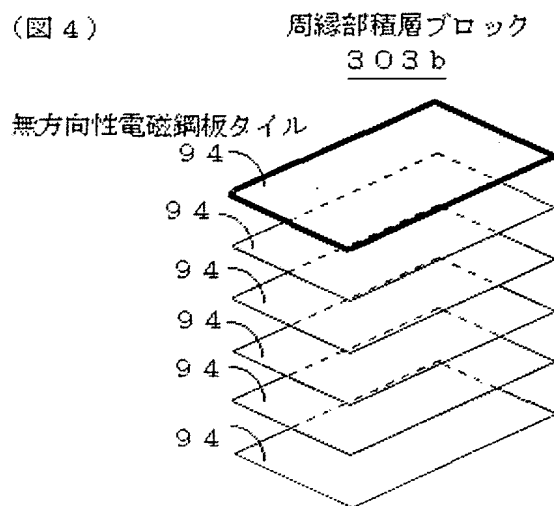
## 【図 2】

(図 2) 円形ポールピース  
300  
中央部積層ブロック 303a  
周縁部積層ブロック 303b

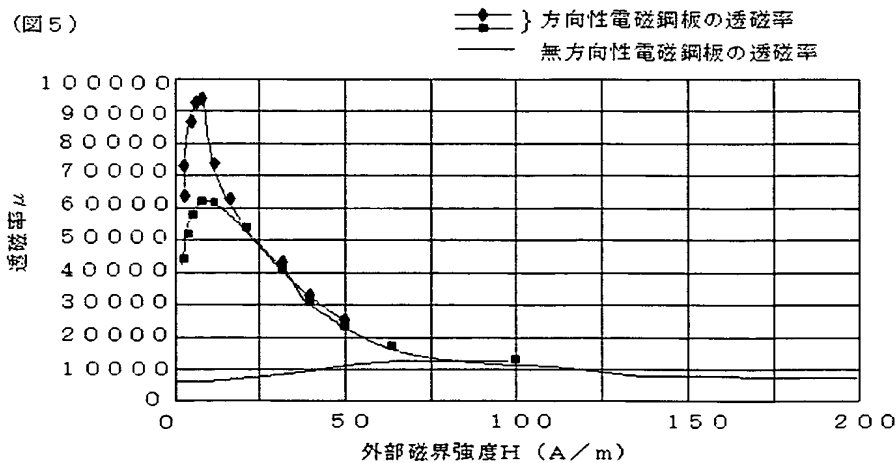
【図 3】



【図 4】



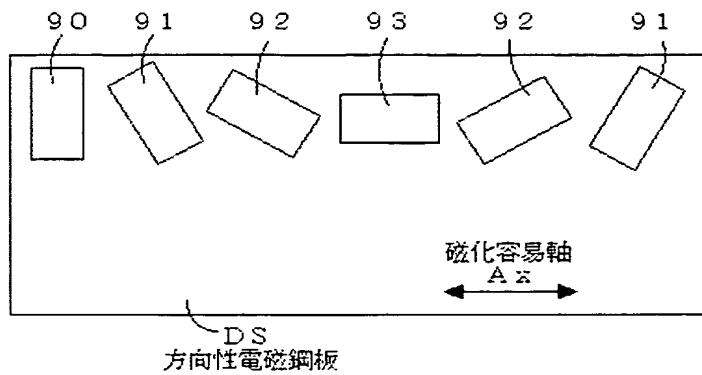
【図 5】



【図 6】

(図 6)

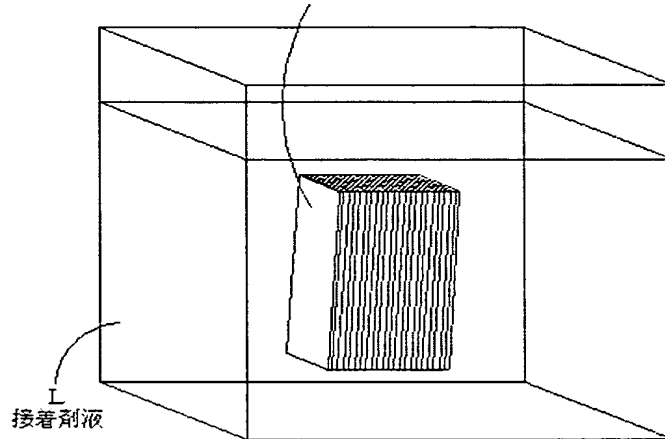
方向性電磁鋼板タイル



【図 7】

(図 7)

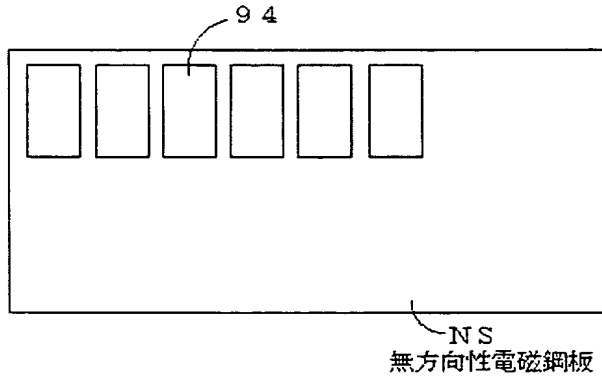
中央部積層ブロック  
303a



【図 8】

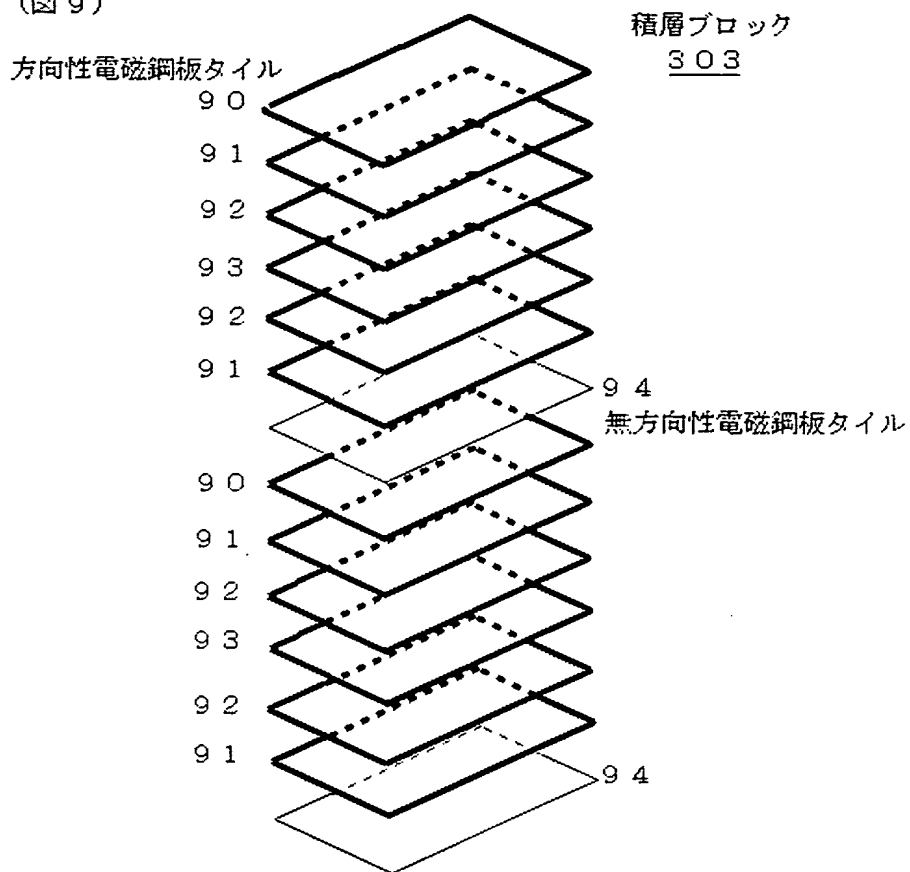
(図 8)

無方向性電磁鋼板タイル



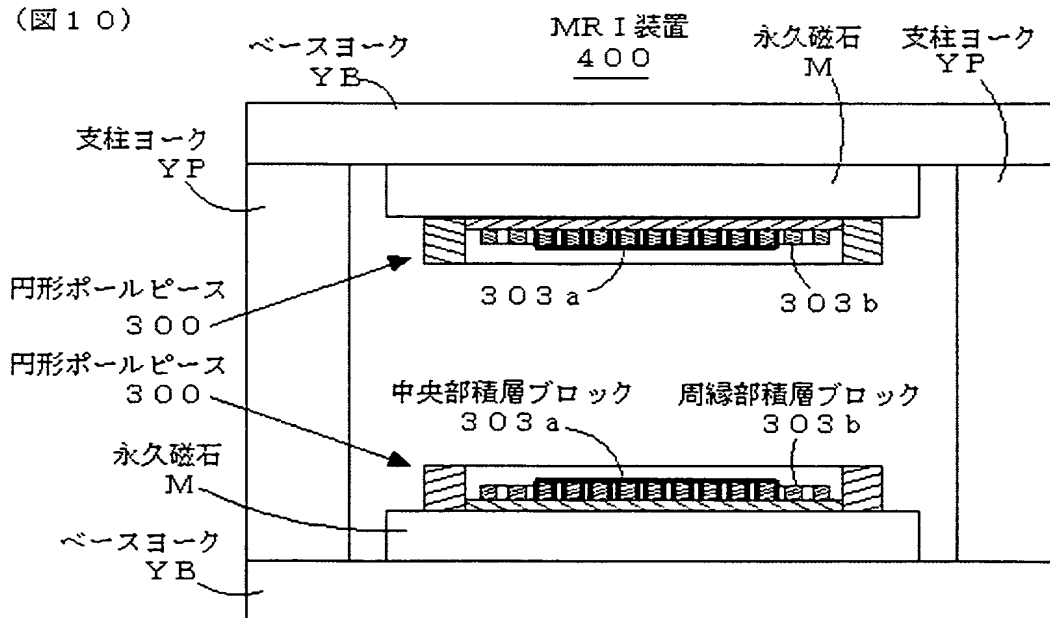
【図 9】

(図 9)



【図 10】

(図 10)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 M R I 用磁気回路を構成する円形ポールピースの残留磁気を小さくする。

【解決手段】 円形ポールピース 1 0 0 を中央部と周縁部の 2 つの領域に分け、中央部積層ブロック 1 0 3 a の軟磁性材としては、印加される外部磁界が比較的小さい（例えば 2 0 ～ 6 0 [A/m]）状態で高透磁率（例えば 1 0 0 0 0 以上）になる軟磁性材を用い、周縁部積層ブロック 1 0 3 b の軟磁性材としては、印加される外部磁界が比較的大きい（例えば 5 0 ～ 1 5 0 [A/m]）状態で高透磁率（例えば 6 0 0 0 以上）になる軟磁性材を用いる。

【効果】 円形ポールピースの残留磁気を小さくすることが出来るので、残留磁気に起因する画質の劣化を防止できる。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 0 3 3 9 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 0 0 1 9 2 3 8 ]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 3 月 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ  
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1  
0 ・3 0 0 0

氏 名

ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー  
・カンパニー・エルエルシー

2. 変更年月日

2 0 0 0 年 3 月 1 5 日

[変更理由]

名称変更

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ  
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1  
0 ・3 0 0 0

氏 名

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー  
・カンパニー・エルエルシー